

Kajian eksperimen instalasi pompa seri dan paralel terhadap efisiensi penggunaan energi

Iman Syahrizal^{1*}, Daud Perdana²

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sambas^{1,2}
Jl. Raya Sejangkung, Sambas, Kalimantan Barat, Indonesia
Email: imansyahrizal22@gmail.com¹, Daudp3rdana@yahoo.com²

Abstract

The pump is used to transfer liquid fluid from a low place to a high place or from one place to another with a certain distance and with a certain height. This study aims to figure the connection of series and parallel pumps to the discharge, pressure and pump power, and to figure the efficiency of series and parallel pumps with energy use. This study was conducted in a mechanical engineering major at Sambas State Polytechnic. The method used was three treatment experiments, including installing a single pump, a series pump installation, and a parallel pump installation. Observed changes are flow rate, water pressure, motor rotation, and electric current. The results showed that the series pump did not affect the discharge, but it affected the pressure and hydraulic power of the pump. While the parallel pump affects the increase in discharge but does not affect the pump pressure and hydraulic power. The results of pump calculations flow rate series 0.000450 m³ / sec, while the parallel pump flow rate 0.000769 m³ / sec. The results of pump measurement pressure are 80 psi series, while the parallel pump pressure is 40 psi. The calculation result of the hydraulic pump is 248.28 Watt series, while the parallel pump hydraulic power is 198.2 Watt. The power efficiency of series pumps is higher than the efficiency of parallel pumps. The efficiency of electric power when measuring flow rate at 70.53% series pump installations, parallel pump electrical power efficiency of 56.3%. The efficiency of electric power when measuring series water pressure is 45.14%, while the parallel pump's electrical power efficiency is 36.03%.

Keywords: Efficiency, pump installation, series, parallel.

Abstrak

Pompa digunakan untuk memindahkan fluida cair dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi atau dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan jarak tertentu dan dengan ketinggian tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan pompa seri dan paralel terhadap debit, tekanan dan daya pompa, serta untuk mengetahui efisiensi pompa seri dan paralel terhadap penggunaan energi. Penelitian ini dilakukan di jurusan teknik mesin Politeknik Negeri Sambas. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan tiga perlakuan, diantaranya instalasi pompa tunggal, instalasi pompa seri dan instalasi pompa paralel. Perubahan yang diamati adalah debit aliran, tekanan air, putaran motor dan arus listrik. Hasil penelitian menunjukkan pompa seri tidak berpengaruh terhadap debit, namun berpengaruh terhadap tekanan dan daya hidrolik pompa. Sedangkan pompa paralel berpengaruh terhadap peningkatan debit namun tidak berpengaruh terhadap tekanan dan daya hidrolik pompa. Hasil perhitungan debit aliran pompa seri 0.000450 m³/dt, sedangkan debit aliran pompa paralel 0.000769 m³/dt. Hasil pengukuran tekanan air pompa seri 80 psi, sedangkan tekanan air pompa paralel 40 psi. Hasil perhitungan daya hidrolik pompa seri 248,28 Watt, sedangkan daya hidrolik pompa paralel 198,2 Watt. Efisiensi daya listrik pompa seri lebih tinggi dibanding efisiensi daya listrik pompa paralel. Efisiensi daya listrik saat pengukuran debit aliran pada instalasi pompa seri 70,53 %, efisiensi daya listrik pompa paralel 56,3 %.

Efisiensi daya listrik saat pengukuran tekanan air pompa seri 45,14 %, sedangkan efisiensi daya listrik pompa paralel 36,03 %.

Kata kunci: Efisiensi, instalasi pompa, seri, paralel.

Pendahuluan

Pada umumnya pompa digunakan untuk menaikkan fluida dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan menggunakan pipa [1]. Prinsip kerja pompa adalah membuat tekanan rendah pada saluran isap, sehingga fluida akan terisap masuk dan mengeluarkannya pada sisi tekan atau sisi keluar dengan tekanan yang lebih tinggi [2]. Pompa memiliki kegunaan yang sangat luas baik dikalangan rumah tangga ataupun industri. Desain sistem perpipaan menjadi sangat penting dan mempunyai efek yang sangat besar dalam kinerja pompa [3].

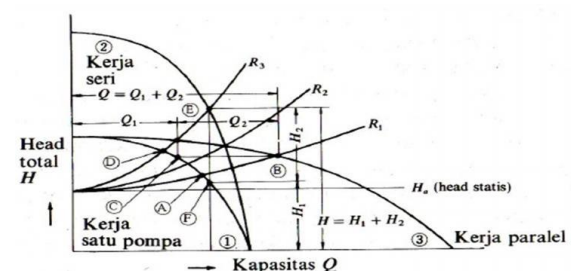
Beberapa penelitian tentang pompa telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja pompa yang terbaik, diantaranya penelitian tentang analisis pengaruh variasi diameter pipa tekan pvc pada pompa aksial untuk kecepatan gaya dorong air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh ukuran pipa pvc yang menyatakan bahwa semakin kecil ukuran pipa pvc yang diambil maka semakin cepat gaya dorong air yang dihasilkan [4]. Penelitian lain membahas tentang pengaruh volume tabung tekan terhadap unjuk kerja pompa hidram yang menyatakan bahwa volume tabung tekan berpengaruh terhadap unjuk kerja pompa yang meliputi debit dan efisiensi [5]. Penelitian tentang analisis tekanan pompa terhadap debit air menyatakan bahwa semakin besar tekanan pompa yang diberikan maka debit air yang dihasilkan makin banyak [6]. Penelitian tentang optimasi tinggi tekan dan efisiensi pompa sentrifugal dengan perubahan jumlah sudu impeler dan sudut keluar impeler (β_2) menggunakan simulasi *computational fluida dynamics* menyatakan bahwa makin besar jumlah sudu impeler maka makin besar pula efisiensi pompa yang dihasilkan. Dalam penelitian yang sama juga dinyatakan bahwa makin besar

head maka semakin besar efisiensi pompa yang dihasilkan [7].

Selain untuk meningkatkan kinerja pompa, hal yang juga harus diperhatikan adalah efisiensinya. Efisiensi merupakan parameter yang sangat penting dalam merencanakan pompa karena berhubungan dengan penggunaan energi. Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa dengan daya yang diberikan pompa kepada fluida. Berkenaan dengan hal tersebut di atas, maka penulis ingin melakukan kajian terhadap efisiensi instalasi pompa seri dan paralel.

Tinjauan Pustaka

Pada suatu kondisi, dimana kapasitas atau head yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka selanjutnya dapat digunakan dua pompa atau lebih untuk mencapai kondisi head dan kapasitas yang diperlukan, dengan merangkai pompa tersebut secara seri maupun paralel. Gambar berikut ini menunjukkan kurva head-kapasitas dari pompa-pompa yang memiliki karakteristik yang sama.



Gambar 1. Operasi seri dan paralel pompa karakteristik sama

Pada kurva karakteristik diatas menunjukkan pompa yang dipasang secara seri dan paralel. Dimana untuk pompa tunggal diberi tanda (1), pompa seri (2), dan pompa paralel (3). Ditunjukkan tiga buah kurva dari head-kapasitas sistem, yaitu R_1 , R_2 , dan R_3 . Pada kurva R_3 , menunjukkan

tahanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan $R1$ dan $R2$. Jika sistem memiliki kurva head-kapasitas $R3$, maka titik kerja pompa 1 akan terletak di D. Jika pompa disusun secara seri sehingga menghasilkan kurva 2, maka titik kerjanya akan berpindah ke E yang tidak sama dengan dua kali lipat head di D, karena ada perubahan yang berupa kenaikan kapasitas. Jika sistem memiliki kurva head-kapasitas $R1$ maka titik kerja pompa 1 akan terletak di A. Andaikan pompa disusun secara paralel sehingga menghasilkan kurva 3 maka titik kerjanya akan berpindah ke B, disini dapat terlihat bahwa kapasitas di titik B tidak sama dengan dua kali lipat kapasitas pada titik A, karena ada perubahan kenaikan head sistem. Andaikan sistem memiliki kurva karakteristik seperti $R2$, maka laju aliran akan sama untuk susunan secara seri ataupun paralel. Akan tetapi jika karakteristik sistem adalah $R1$ dan $R3$, maka akan diperlukan pompa susunan seri atau paralel. Jadi rangkaian seri digunakan untuk menaikkan head, sedangkan paralel berguna untuk menaikkan kapasitas aliran [8].

Debit pompa menunjukkan kapasitas fluida yang mampu dialirkan pompa dalam satu satuan waktu. Untuk menentukan debit yang dihasilkan oleh pompa dilakukan secara analitis.

Pengukuran debit dengan persamaan:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.1)$$

Keterangan:

Q : Debit aliran (liter/detik)
V : Volume (liter)
T : Waktu (detik)

Head adalah suatu bentuk energi yang dinyatakan dalam satuan panjang (m) dalam SI. Head terdiri dari head ketinggian (Z), head kecepatan ($\frac{v^2}{2g}$), dan head tekanan ($\frac{P}{\rho \cdot g}$). head ketinggian menyatakan energi potensial yang dibutuhkan untuk mengangkat air setinggi (m) kolom air, head kecepatan menyatakan energi kinetik yang dibutuhkan untuk mengalirkan air setinggi (m) kolom air. Sedangkan head

tekanan adalah suatu energi aliran dari (m) kolom air yang memiliki berat sama dengan tekanan dari kolom (m) tersebut.

Hubungan antara tekanan dan head tekanan dapat dirumuskan seperti berikut:

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g} \quad (2.2)$$

Keterangan:

Hp = Head tekanan (m)
P = Tekanan (Psi)
 ρ = Massa jenis air (kg/m^3)
g = Percepatan gravitasi (m/dt^2)

Daya adalah kerja yang dilakukan per satuan waktu. Satuan daya adalah HP atau Watt

a) Daya Hidrolik

Dapat hidrolik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_{\text{pompa}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (2.3)$$

Keterangan:

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)
g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
Q = Debit aliran (m^3/s)
H = Head pompa (m)

b) Daya Listrik

Daya listrik dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_{\text{listrik}} = V \cdot I \quad (2.4)$$

Keterangan :

V = Tegangan listrik (V)
I = Arus listrik (A)

Efisiensi pompa adalah suatu faktor yang dipergunakan untuk menghitung energi kinetik yang hilang dalam bentuk *losses* atau kerugian. Efisiensi pompa terdiri dari :

1. Efisiensi hidrolis, memperhitungkan *losses* akibat gesekan antara cairan dengan impeler dan losis akibat perubahan arah yang tiba-tiba pada impeler.
2. Efisiensi volumetris, memperhitungkan *losses* akibat resirkulasi pada ring, bushing, dll.
3. Efisiensi mekanis, memperhitungkan losis akibat gesekan pada *seal*, *packing gland*, bantalan, dll.

Efisiensi pompa akan mencapai maksimum pada *designed point* tersebut,

yang dinamakan dengan titik BEP. Untuk kapasitas yang lebih kecil atau lebih besar efisiensinya akan lebih rendah. Efisiensi pompa adalah perbandingan antara daya hidrolis pompa dengan daya listrik.

$$\eta = \frac{P_{pompa}}{P_{listrik}} \times 100 \% \quad (2.5)$$

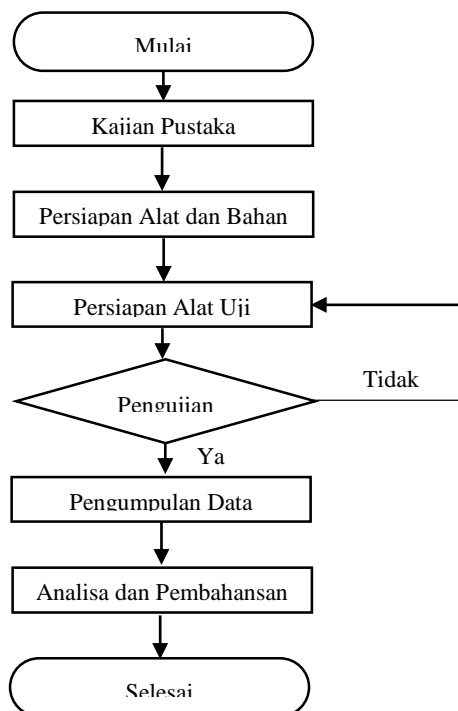
Keterangan:

P_{pompa} = Daya hidrolis (Watt)

$P_{listrik}$ = Daya listrik (Watt)

Metode Penelitian

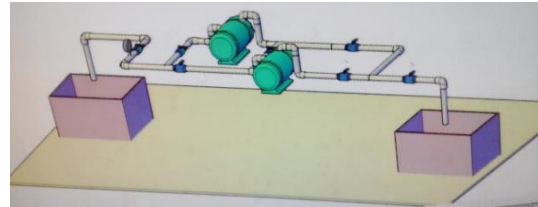
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan tiga tahap pengujian, diantaranya pengujian pompa tunggal, pengujian pompa ganda dengan rangkaian seri dan pengujian pompa ganda dengan rangkaian paralel. Tahapan penelitian disusun dalam bentuk diagram alir seperti pada gambar 2.



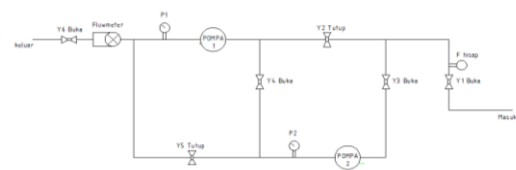
Gambar 2. Diagram alir penelitian

Penelitian dilakukan dengan menentukan variabel bebas dan variabel tak bebas. Variabel bebas penelitian ini adalah instalasi pompa tunggal, instalasi pompa rangkaian seri, dan instalasi pompa rangkaian paralel. Sedangkan yang menjadi variabel tak bebas adalah debit aliran (Q), tekanan air (P), putaran

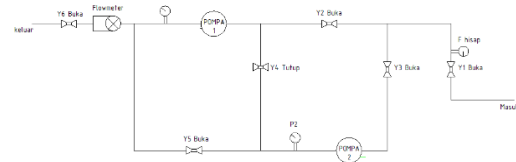
motor penggerak (rpm), dan arus listrik (I). Rancangan penelitian ini dimulai dari persiapan alat uji, proses pengujian untuk mendapatkan data, melakukan analisis dan membuat kesimpulan.



Gambar 3. Desain alat uji



Gambar 4. Instalasi pompa seri



Gambar 5. Instalasi pompa paralel

Hasil dan Pembahasan

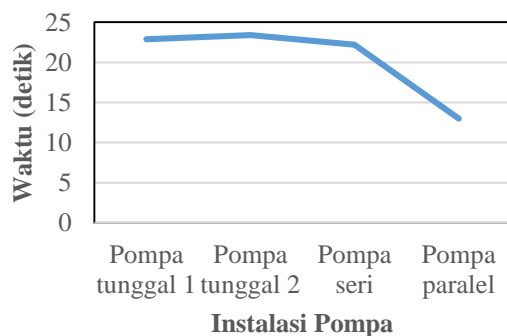
Hasil uji kinerja instalasi pompa tunggal, instalasi pompa rangkaian seri dan instalasi pompa rangkaian paralel terhadap debit aliran disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1 Data Pengujian Debit

Instalasi pompa	Gay a hisap pompa (cm hg)	Vol ume (m ³)	Waktu (detik)	Tegangan listrik (volt)	Arus listrik (amper e)		Putaran (rpm)	
		v	T	V	I ₁	I ₂	N ₁	N ₂
Pom pa 1 (tung gal)	0,8	0,01	22,9	220	0,8		28	75
Pom pa 2 (tung gal)	0.8	0.01	23.4	220		0.8		2877
Pom pa seri	0,8	0,01	22,2	220	0,8	0,8	2864	2884
Pom pa paral el	0,8	0,01	13	220	0,8	0,8	2835	2879

Tabel 1 menunjukkan bahwa waktu yang paling cepat untuk mendapatkan volume air sebanyak 0,01 m³ adalah pada instalasi pompa paralel yaitu 13 detik, sedangkan pada instalasi pompa seri waktu yang diperlukan untuk mendapatkan volume air sebanyak 0,01 m³ adalah 22,2 detik dan pada instalasi pompa tunggal 1 waktu yang diperlukan adalah 22,9 detik, pada instalasi pompa tunggal 2 adalah 23,4 detik. Ini berarti bahwa instalasi pompa paralel mampu untuk meningkatkan debit aliran dibanding instalasi pompa seri. Waktu yang diperlukan untuk mendapatkan volume air sebanyak 0,01 m³ pada instalasi pompa seri tidak jauh berbeda dengan waktu yang diperlukan pada instalasi pompa tunggal.

Hubungan antara instalasi pompa terhadap waktu untuk mendapatkan volume air disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 6.

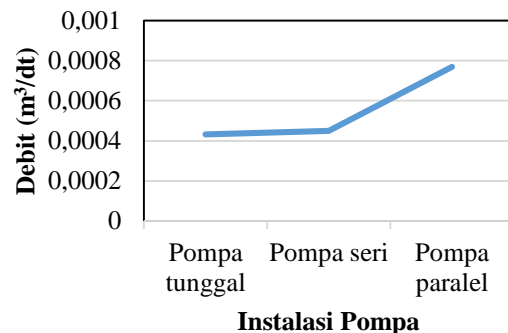


Gambar 6. Grafik waktu pencapaian volume air

Analisis perhitungan menggunakan persamaan 2.1 membuktikan bahwa instalasi pompa paralel mampu menghasilkan debit aliran yang lebih besar bila dibandingkan dengan instalasi pompa seri maupun instalasi pompa tunggal. Debit yang dihasilkan dari instalasi pompa paralel adalah 0.000769 m³/dt, sedangkan debit aliran yang dihasilkan instalasi pompa seri adalah 0.000450 m³/dt, dan debit aliran yang di hasilkan dari instalasi pompa tunggal adalah 0.000432 m³/dt. Besarnya debit yang dihasilkan instalasi pompa paralel tidak sama dengan dua kali lipat debit yang dihasilkan instalasi pompa

tunggal, hal ini terjadi karena ada pengaruh dari perubahan kenaikan heat sistem.

Hubungan antara instalasi pompa terhadap debit aliran diperlihatkan dalam bentuk grafik pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik debit aliran yang dihasilkan

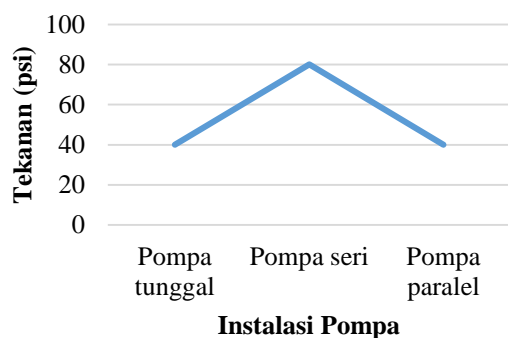
Hasil uji kinerja instalasi pompa tunggal, pompa seri dan pompa paralel terhadap tekanan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Pengujian Tekanan

Instalasi pompa	Gaya hisap pompa (cmHg)	Tekanan (psi)	Tegangan listrik (volt)	Arus listrik (amper e)		Putaran (rpm)	
				I ₁	I ₂	N ₁	N ₂
Pompa 1 (tunggal)	0,4	40	220	1,1		24	02
Pompa 2 (tunggal)	0,4	40	220		1,2	25	66
Pompa seri	0,4	80	220	1,1	1,4	24	25
Pompa paralel	0,4	40	220	1,1	1,4	22	25

Data pada tabel 2 menunjukkan bahwa tekanan yang paling besar terjadi pada instalasi pompa seri yaitu 80 psi, sedangkan tekanan pada instalasi pompa paralel sama dengan tekanan pada instalasi pompa tunggal yaitu 40 psi.

Hubungan instalasi pompa terhadap tekanan diperlihatkan dalam bentuk grafik pada gambar 8.

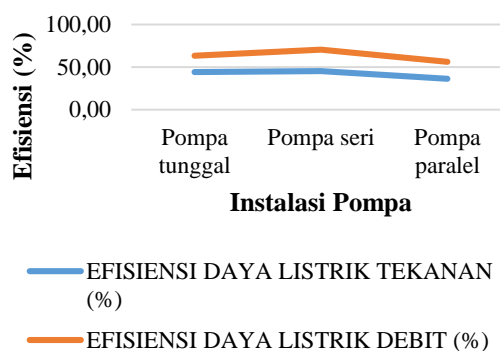


Gambar 8. Grafik tekanan pompa

Analisis perhitungan menggunakan persamaan 2.5 membuktikan bahwa efisiensi penggunaan daya listrik tertinggi saat pengukuran debit aliran adalah pada instalasi pompa seri yaitu 70,53%, sedangkan efisiensi penggunaan daya listrik terendah adalah pada instalasi pompa paralel yaitu 56,3%, dan efisiensi penggunaan daya listrik pada instalasi pompa tunggal adalah 63,26%. Ini artinya bahwa instalasi pompa paralel mampu meningkatkan debit aliran tetapi penggunaan energi listriknya cukup besar karena efisiensinya rendah.

Efisiensi penggunaan daya listrik tertinggi saat pengukuran tekanan air terjadi pada instalasi pompa seri yaitu 45,14%, sedangkan efisiensi penggunaan daya listrik terendah juga terjadi pada instalasi pompa paralel yaitu 36,03%, dan efisiensi penggunaan daya listrik pada instalasi pompa tunggal adalah 44,00%. Ini artinya bahwa instalasi pompa seri mampu untuk meningkatkan tekanan air, serta efisiensi penggunaan daya listriknya tinggi dibanding instalasi pompa paralel maupun pompa tunggal.

Hubungan instalasi pompa terhadap efisiensi daya listrik diperlihatkan dalam bentuk grafik pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan instalasi pompa terhadap efisiensi daya listrik

Kesimpulan

Instalasi pompa seri tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan debit aliran, namun sangat berpengaruh terhadap peningkatan tekanan dan daya hidrolik pompa. Sedangkan instalasi pompa paralel sangat berpengaruh terhadap peningkatan debit aliran namun tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan tekanan dan daya hidrolik pompa. Hasil perhitungan didapatkan bahwa debit aliran yang dihasilkan dari instalasi pompa seri adalah $0.000450 \text{ m}^3/\text{dt}$, sedangkan debit aliran yang dihasilkan dari instalasi pompa paralel adalah $0.000769 \text{ m}^3/\text{dt}$. Hasil pengukuran diketahui bahwa tekanan air pada instalasi pompa seri adalah 80 psi sedangkan tekanan air pada instalasi pompa paralel adalah 40 psi. Hasil perhitungan daya hidrolik pompa pada instalasi pompa seri adalah 248,28 Watt, sedangkan daya hidrolik pompa pada instalasi pompa paralel adalah 198,2 Watt. Efisiensi penggunaan daya listrik pada instalasi pompa seri lebih tinggi dibanding pada instalasi pompa paralel. Hasil perhitungan didapatkan bahwa efisiensi penggunaan daya listrik saat pengukuran debit aliran pada instalasi pompa seri adalah 70,53%, sedangkan efisiensi pada instalasi pompa paralel adalah 56,3%. Efisiensi penggunaan daya listrik saat pengukuran tekanan air pada instalasi pompa seri adalah 45,14 %,

sedangkan efisiensi pada instalasi pompa paralel adalah 36,03 %.

Referensi

- [1] Mustakim, “Pengaruh Kecepatan Sudut Terhadap Efisiensi,” *Jurnal teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, vol. 4, no. 2, pp. 79–83, 2015.
- [2] Rachmat Subagio, Muchsin, Rezeky Aulia, “Analisis Karakteristik Pompa Sentrifugal Dengan Sistem Seri dan Paralel,” *Jurnal Teknologi Technoscientia*, vol. 5, no. 2, pp. 1–21, 2013.
- [3] I. Febrianto, M. Khabib, and B. S. Nugraha, “Perancangan Sistem Pompa Paralel Dengan Daya Bervariasi Untuk Meningkatkan Kapasitas Air,” *J. Crankshaft*, vol. 1, no. 1, pp. 49–54, 2018.
- [4] R. Y. Pradhana and E. Widodo, “Analisa Pengaruh Variasi Diameter Pipa Tekan Pvc Pada Pompa Aksial Untuk Kecepatan Gaya Dorong Air,” vol. 2, no. 1, pp. 37–43, 2017.
- [5] Subroto, Shodiqin, “Pengaruh Volume Tabung Tekan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram,” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 12, No. 1, pp. 20–26, 2015.
- [6] Siswadi, “Analisis Tekanan Pompa Terhadap Debit Air,” *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik*, vol. 11, No. 3, pp. 39–46, 2015.
- [7] Thoharudin, Arif. S.N, Stefanus. “Optimasi Tinggi Tekan dan Efisiensi Pompa Sentrifugal dengan Perubahan Jumlah Sudu Impeler dan Sudut Sudu Keluar Impeler (β_2) Menggunakan Simulasi Computatinnal Fluida Dynamics,” *Proseding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan teknologi (SNAST)*, Yogyakarta, 2014.
- [8] Sularso, Haruo Tahara, “Pompa dan Kompresor,” *Pradya Paramita*, Jakarta. Cetakan Ketujuh, 2000.